

Çiğ, Filizlenmiş ve Pişmiş Yemeklik Tane Baklagillerde Kadmiyum ve Kurşun Miktarının Tayini

Determination of Cadmium and Lead Levels in Raw Sprouted and Cooked Edible Legumes

Simay KUNDAKÇI^{1 A,B,C,D,E,F,G}, Gizem KARA^{2 A,B,C,D,E,F,G}, Sertaç ACAR^{2 A,B,C,D,E,F,G},
Zehra Margot ÇELİK^{2 A,B,C,D,E,F,G}

¹Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, yemeklik tane baklagil türlerine (yeşil mercimek, nohut ve kuru fasulye) filizlendirme işlemi uygulanarak kadmiyum ve kurşun ağır metallerinin miktarını belirlemek ve aynı baklagillerin çiğ ve pişmiş formlarının ağır metal içerikleri ile karşılaştırmaktır.

Yöntem: Baklagil türleri üç farklı şekilde hazırlanmıştır. Çiğ numunelere herhangi bir işlem uygulanmayıp pişmiş numuneler için ıslatılan baklagiller düdüklü tencerede 1:2 oranında su eklenerek pişirilmiştir. Filizlendirme için ıslatılan baklagiller hava almasını sağlayacak şekilde tek sıra halinde, aralarında boşluk bırakılarak filizlendirme raflarına dizilmiş ve 3 gün sulanarak 5. günde hasat edilmiştir. Elde edilen numunelerin kadmiyum ve kurşun analizleri NMKL No:186 metoduna göre kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular: Çiğ, filizlenmiş ve pişmiş kuru baklagil numunelerinde kadmiyum saptanmamıştır. Çiğ kuru fasulye numunesinde 0.298 ± 0.086 mg/kg; çiğ nohut numunesinde ise 0.615 ± 0.178 mg/kg kurşun tespit edilirken yeşil mercimekte kurşun saptanmamıştır. Filizlendirme ve pişirme işlemleri sonucunda bu numunelerde de kurşun tespit edilmemiştir.

Sonuç: Çiğ baklagillere uygulanan filizlendirme işlemi, kurşun miktarını azaltmıştır. Filiz baklagillerin sürdürülebilirlik açısından güvenilir olduğu ve sağlıklı beslenme programlarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak baklagillerin işlenmesinin ağır metallerin uzaklaştırılması açısından yetersiz kalabileceği göz önünde bulundurularak daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Baklagil, Ağır metal, Filizlendirme.

ABSTRACT

Objective: This study aims to determine the levels of cadmium and lead heavy metals in sprouted edible legume species (green lentils, chickpeas, and dry beans) and compare the heavy metal content of these legumes in their raw and cooked forms.

Methods: The legume species were prepared in three different forms. Raw samples were not subjected to any treatment. For cooked samples, the soaked legumes were cooked in a pressure cooker with a 1:2 water ratio. For sprouted legume samples, the soaked legumes were spread in a single layer on sprouting racks with space in between to allow air circulation, watered for 3 days, and harvested on the 5th day. The analysis of the obtained samples was performed using mass spectrometry (ICP-MS) according to the NMKL No:186 method.

Results: Cadmium was not detected in raw, sprouted, and cooked dry legume samples. Lead was found in raw dry bean samples at 0.298 ± 0.086 mg/kg and in raw chickpea samples at 0.615 ± 0.178 mg/kg, while no lead was detected in green lentils. It was observed that the lead content in the samples containing lead decreased as a result of sprouting and cooking processes.

Sorumlu Yazar: Simay KUNDAKÇI

Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
siimayferelii@gmail.com

Geliş Tarihi: 10.06.2024 – Kabul Tarihi: 30.09.2024

Yazar Katkıları: A) Fikir/Kavram, B) Tasarım, C) Veri Toplama ve/veya İşleme, D) Analiz ve/veya Yorum, E) Literatür Taraması, F) Makale Yazımı, G) Eleştirel İnceleme

* Bu araştırma; TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2023-1.Dönem kapsamında 1919B012304686 proje numarası ile desteklenmiştir

**Aydın Adnan Menderes Üniversitesi 1. Uluslararası Beslenme ve Diyetetikte Güncel Yaklaşımlar Öğrenci Kongresi (Sözlü Bildiri), 24.05.2024.

Conclusion: The sprouting process applied to raw legumes reduced the lead content. It was concluded that sprout legumes are safe in terms of sustainability and can be used in healthy nutrition programs. However, considering that the processing of legumes may be insufficient in removing heavy metals, further studies are recommended.

Key words: Sustainability, Legume, Heavy metal, Sprouting.

1. GİRİŞ

Günümüzde besin üretimi ve tüketimi, gelecek neslin beslenmesini büyük ölçüde etkilemektedir (1). Hızlı nüfus artışı, toprak, hava ve su kaynaklarının kirliliği, sera gazı emisyonları, küresel ısınma gibi problemler sonucunda ekolojik denge bozulmaktadır. Bu durumu engellemek, yavaşlatmak adına yaklaşık 50 yıldır sürdürülebilirlik kavramı üzerinde çalışılmaktadır (2). Sürdürülebilir diyetler bireylerin sağlığını iyileştiren ve geliştiren, düşük çevresel etkisi olan, erişilebilir, maliyeti düşük, güvenilir beslenme örüntüleridir. Sürdürülebilir beslenme örüntüsünün de bitkisel kaynaklı beslenme ile eşleştiği rapor edilmektedir (3).

Kadmiyum, kurşun gibi ağır metaller, yoğunluğu 5g/cm^3 'ten fazla olan metalik elementlerdir (4). Ağır metaller doğal olarak toprakta mevcuttur ancak endüstriyel faaliyetler, kimyasal tarım ilaçlarının kullanımı, sanayi, trafik, yapay gübreler, kanalizasyon atıkları sebebiyle topraktaki seviyesi artar ve besin kalitesini etkileyerek besin zinciri yoluyla insanlara ulaşır (5,6). Ağır metallerin insanlara etkisinin en büyük kaynağının tüketilen besinler olduğu belirtilmektedir (7). Besinlerde bulunan çok düşük konsantrasyondaki ağır metallerin insan vücudunda toksik etki yarattığı bildirilmiştir. Toksikiteye bağlı DNA hasarı ve oksidatif stresin artışına bağlı olarak organ malformasyonları, kanser, kalp hastalıkları, otoimmün hastalıklar (crohn, ülseratif kolit vb.), nörolojik bozukluklar ortaya çıkmaktadır (8,9). Kurşun maruziyeti, çocuklarda gelişimsel bozuklukların ortaya çıkmasıyla ilişkilidir. Uzun süreli kadmiyum alımının ise böbrek, prostat ve yumurtalık kanserlerine neden olduğu rapor edilmiştir (10).

Baklagiller, Fabaceae veya Leguminosae familyasına ait bitkilerin meyve ve tohumlarıdır (11). Dünya çapında en az 50 çeşit yenilebilir baklagil olduğu bilinmektedir (12). Nohut (*Cicer arietinum*), bezelye (*Pisum sativum*), mercimek (*Lens culinaris*), bakla (*Vicia faba*), fasulye (*Phaseolus vulgaris*), börülce (*Vigna unguiculata*), yer fıstığı (*Arachis hypogaea*), soya fasulyesi (*Glycine max*) yaygın tüketilen baklagiller arasındadır (13,14). Baklagiller; besleyici, ekonomik olarak erişilebilir, sürdürülebilir ve sağlığı koruyucu etkileri nedeniyle 60.000 yılı aşkın süredir tüketilmektedir (15,16). Üretimi, dünyada son on yılda %34 – 44 oranında artmıştır (17). Ancak baklagil tohumları büyük miktarlarda toksik metal biriktirebildiğinden ağır metal açısından riskli olabilmektedir. Endüstriyel atık sularla birlikte toprakta ağır metallerin birikmesi, kuru baklagillerin verimliliğini ve kalitesini olumsuz etkilemektedir (10). Ağır metal zehirlenmesi ve besin zincirlerinde birikim modern toplumun çevre ve sağlık sorunlarından biridir (18).

Filiz, tohumların çimlenmesi ve su veya başka bir ortamda geliştirilmesiyle elde edilen, gerçek yapraklar gelişmeden hemen önce hasat edilen ve bütünüyle yenilmesi amaçlanan ürün olarak tanımlanmaktadır (19). Filizlenme veya çimlenme, tohumun olgunlaştığı zaman girdiği hareketsizlik durumu ve uyku halinin sonu anlamına gelmektedir (20). Bitkilerin nesillerini devam ettirebilmeleri için enerji ve gerekli bileşenlerin sağlanması amacıyla tohumun büyütülüp proteinlerin parçalanması, lipid oksidasyonu, su absorpsiyonu, hücre farklılaşması gibi bazı değişikliklerin meydana gelmesi olarak da ifade edilmektedir. Üretimi ekonomik, basit, hızlı ve verimi yüksektir. Filizlenme süreci kuru tohumun su almasıyla başlar,

embriyonun çevresine nüfuz edecek biçimde yayılan radikülün uzamasıyla sona erer (21). Tohumların çimlendirilmesi familya ve türe göre değişmektedir. Sıcaklık, besin, ışık, nem, oksijen gibi şartlar tohuma özgü bir şekilde sağlanmalıdır. Bu sebeple filizlendirme işlemini standardize etmek zordur (21,22).

Son yıllarda, sağlıklı ve doğal gıdalara yüksek talep nedeniyle filizlendirme işlemi uygulanmış besinlerin tüketimi artmakta, bu talebi karşılamak için filizlenmiş ürün üretimi de artırılmaktadır (23,24). Günümüzde nohut, kuru fasulye, soya fasulyesi, yulaf, karabuğday, brokoli filizleri sık tüketilmektedir (21). Filizlenme süreci baklagillerde biyokimyasal, duyusal, besinsel değişikliklere sebep olmakta; tohumda potansiyel sağlık yararı olan metabolitlerin biyosentezini arttırmaktadır (25,26). Tohumlar uyku halini kırıp filizlendikten sonra riboflavin, tiamin, biyotin, pantotenik asit, niasin, C vitamini, tokoferoller ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşenlerin sentezi ve biyoyararlılığı artmaktadır. Filizlenmeyle birlikte α -amilaz aktivasyonu artarak nişasta ve nişasta olmayan polisakkaritler, glikoza indirgenmekte, tohumun sindirilebilirliği ve çözünür diyet lifi miktarı artmaktadır (23,25). Proteinlerin (albumin, globulin, glutelin, prolamin) filizlendirme sırasında proteolitik enzimler tarafından peptit, oligopeptit ve aminoasitlere hidrolize olması sonucu biyoyararlılıklarında artış gözlenmektedir (21). Araştırmalar, filizlendirme işleminin baklagil türüne bağlı olarak lipit miktarını azalttığını göstermektedir. İki farklı araştırmada, 72 saatlik filizlenme sonucu maş fasulyesindeki yağ miktarında %17 ve %59 oranında azaldığı saptanmıştır (27,28). Baklagilleri çimlendirme işlemi vitamin ve minerallerin miktarını da çeşitli derecelerde etkilemektedir. Tiamin, niasin, riboflavin gibi B vitaminleri, A, C, E vitaminleri artış göstermektedir (29). Filizlendirme işlemiyle mineral madde içeriklerinin ve biyoyararlılıklarının arttığı; bu artışın fitik asitinin azalmasıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir (22,30).

Amaç

Literatürde, filizlendirme işleminin karbonhidrat, protein, yağ, mineral, vitamin, fitik asit, biyoaktif bileşenlere etkisi olduğu gösterilmiştir. Çevresel bir sorun olan baklagillerde ağır metal birikimi ve sürdürülebilirlik çerçevesinde filizlendirme işleminin kadmiyum ve kurşun miktarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Analiz edilecek olan yeşil mercimek, kırmızı mercimek, nohut ve kuru fasulye numuneleri Ege Bölgesinde yetiştirilmiş ürünler olup; birer kilogramlık paketler halinde ulusal bir zincir marketten satın alınmıştır. Filizlendirme işlemi için iki adet üçlü raftan oluşan filizlendirme rafları (GEO - Filizlendirme rafları) temin edilmiş; pişirme işlemi için düdüklü tencere kullanılmıştır.

Analiz için gerekli olan miktar her bir numune için 200 gramdır. Çiğ numunelere işlem uygulanmayıp 200 gram olarak paketlenmiştir. Pişmiş baklagil numuneleri için baklagiller suyla yıkanmış ve 6 saat suda bekletilmiştir. Ardından suyu süzülen baklagiller düdüklü tencereye 1:2 oranında su eklenerek pişirilmiştir. Analiz için gerekli numune miktarı 200 gram olduğundan ağırlık artışı - azalması olabileceği düşünülerek 200 gram çiğ baklagil kullanılmıştır. Pişirme sürecinde taneler kontrol edilmiş ve yumuşadığında (yaklaşık 20 – 30 dakika sonra) düdüklü tencere ocaktan alınmış ve pişmiş baklagiller iki yüzer gram şeklinde paketlenmiştir. Filizlendirme işlemi için, kuru baklagiller 8 – 10 saat suda bekletilmiş ardından,

süzülüp tek sıra halinde, hava almasını sağlayacak kadar aralarında boşluk bırakarak filizlendirme raflarına konulmuştur. Filizlenmenin ağırlık azalmasına yol açabileceği düşünülerek nohut için 450 gram, kırmızı mercimek için 360 gram, yeşil mercimek için 440 gram, kuru fasulye için 350 gram ıslatılmış ürün kullanılmıştır. Gramaj farklılıkları, baklagil türlerinin tane boyutları ve ağırlıklarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Raflara yerleştirilen tohumlar serin ve karanlık ortamda muhafaza edilmiştir. Ekim yapılan gün herhangi bir sulama işlemi yapılmamıştır. Sonraki 3 gün boyunca sabah ve akşam olmak üzere günde 2 kez 200 ml su ile sulanmış ve 5. gün hasat edilmiştir. Nohut, kuru fasulye ve yeşil mercimek sorunsuz olarak filizlenirken kırmızı mercimek iki denemeye rağmen filizlenmemiştir. Diğer baklagiller ile aynı üretim yerinde üretilmiş olabileceği varsayılmakla birlikte kırmızı mercimeğin cinsinden dolayı filizlenmediği düşünülmüştür.

Hasat edilen filizler iki 200 gram olacak şekilde paketlenmiş ve analiz edilmek üzere laboratuvara ulaştırılmıştır.

Kurşun ve kadmiyum analizi NMKL (İskandinav Gıda Analizleri Komitesi) No: 186 metoduna göre, Agilent marka cihaz ile yapılmıştır. Metod; elementlerin, kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak multielement tanımlanması yoluyla tayinine dayanmaktadır. İki yüz gram çiğ, pişmiş ve filizlenmiş kuru baklagil numuneleri %65'lik nitrik asit ile yakılarak organik maddeler uzaklaştırılmıştır. Organik maddeleri uzaklaştırılan numuneler ultra saf deiyonşze su kullanılarak 25 mL'ye seyreltilmiştir, ardından tubingler yardımıyla doğrudan cihaza gönderilmiştir. Sıvı örnekler püskürtme bölümünde argon gazı ile karıştırılarak plazma kısmına püskürtülmüş ve plazma içinde yüksek sıcaklıkta iyonize hale getirilmiştir. Bu iyonlar quadripol denilen analizörde kütle/yük oranına göre ayrılmış; kütle dedektörü vasıtasıyla tutularak tanımlanmıştır.

3. BULGULAR

Çiğ, filizlenmiş ve pişmiş kuru baklagil numunelerinde kadmiyum düzeyleri ölçülemeyecek kadar düşük bulunmuştur. Çiğ kuru fasulye numunesinde 0.298 ± 0.086 mg/kg; çiğ nohut numunesinde ise 0.615 ± 0.178 mg/kg kurşun tespit edilmiştir. Kuru fasulye ve nohutun filizlendirilmiş ve pişmiş numunelerinde kurşun tespit edilmemiştir. Analiz sonuçlarının Türk Gıda Kodeksi'yle karşılaştırmalı verileri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Pişirme ve filizlendirme işlemi çiğ numunelerdeki kurşun miktarlarını azaltarak aynı etkiyi sağlamış; kuru fasulyenin numunesinde tespit edilen 0.298 ± 0.086 mg/kg kurşun, filizlendirme ve pişirme formunda tespit edilmemiştir. Benzer şekilde, çiğ nohutta tespit edilen 0.615 ± 0.178 mg/kg kurşun, filizlendirme ve pişirme işlemleri sonrasında tespit edilmemiştir.

4. TARTIŞMA

Türk Gıda Kodeksi, 11 Kasım 2023 tarihli ve 32360 sayılı Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan kadmiyum ve kurşunun baklagillerde bulunmasına izin verilen maksimum değerler sırasıyla 0.040 mg/kg ve 0.20 mg/kg'dır (31). Numunelerde kadmiyum düzeyleri ölçülemeyecek kadar düşük bulunmuştur. Çiğ kuru fasulye ve nohutun kurşun miktarları referans değerinin üzerinde olmasına rağmen, pişmiş ve filizlenmiş formları kurşun içermemektedir.

Tablo 1. Farklı Formlardaki (Çiğ, Pişmiş, Filizlenmiş) Kuru baklagil Numunelerinin Kurşun ve Kadmiyum Miktarları

Baklagil	Form	Kurşun		Kadmiyum	
		Analiz Sonucu	Türk Gıda Kodeksi*	Analiz Sonucu	Türk Gıda Kodeksi
Yeşil Mercimek	Çiğ	Tespit edilmedi.	0.20 mg/kg	Tespit edilmedi.	0.04 mg/kg
	Pişmiş	Tespit edilmedi.		Tespit edilmedi.	
	Filizlenmiş	Tespit edilmedi.		Tespit edilmedi.	
Nohut	Çiğ	0.615 ± 0.178 mg/kg	0.20 mg/kg	Tespit edilmedi.	0.04 mg/kg
	Pişmiş	Tespit edilmedi.		Tespit edilmedi.	
	Filizlenmiş	Tespit edilmedi.		Tespit edilmedi.	
Kuru Fasulye	Çiğ	0.298 ± 0.086 mg/kg	0.20 mg/kg	Tespit edilmedi.	0.04 mg/kg
	Pişmiş	Tespit edilmedi.		Tespit edilmedi.	
	Filizlenmiş	Tespit edilmedi.		Tespit edilmedi.	

*Türk Gıda Kodeksi, 11 Kasım 2023 tarihli ve 32360 sayılı Bulaşanlar Yönetmeliği, Ek-1: Gıdalardaki Belirli Bulaşanlar İçin Maksimum Limitler.

Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA), kurşunun insan sağlığı açısından güvenli kabul edilebilecek bir maruziyet düzeyinin bulunmadığını ifade etmektedir (32). Kadmiyumun tolere edilebilir düzeyi aylık 25 µg/kg'dır (33). Bu değerlere ulaşabilmek için bireylerin diğer besinler göz ardı edilerek yüksek ve sık miktarda çiğ kuru baklagil tüketmesi gerekmektedir. Çiğ tüketim de mümkün olmayacağı için pişirme veya filizlendirme yöntemi uygulanan baklagillerin ağır metal içerikleri azaldığından tüketimi uygundur.

Yapılan bir çalışmada kadmiyumun izin verilen maksimum aralığı 0.01 - 0.05 mg/kg olarak belirtilmiştir. Kurşun için bu değer 0.01 - 0.20 mg/kg'dır. Çalışmada altı farklı mercimek, altı farklı fasulye ve beş farklı nohutun ağır metal analizi yapılmıştır. Mercimekler, fasulyeler ve nohutların ortalama kurşun miktarı sırasıyla 0.172 ± 0.076 mg/kg; 0.128 ± 0.128 mg/kg; 0.068 ± 0.027 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kadmiyum miktarları ise tüm numunelerde <0.001 mg/kg'dır (10). Çalışmamızda ise çiğ nohutun kurşun miktarı 0.615 ± 0.178 mg/kg tespit edilmiş; maksimum limit değeri olan 0.2 mg/kg'dan fazla olduğu saptanmıştır. Kadmiyum miktarları iki çalışmada da çok düşük ya da tespit edilemeyecek düzeydedir.

Nohut örnekleriyle yapılan bir çalışmada kontrol numuneleri dahil olmak üzere teflon, çelik, alüminyum, bakır tencerelerde pişirilmiş numunelerde kurşun tespit edilmemiştir. Kadmiyum açısından da pişirme materyallerinden herhangi bir bulaş olmadığını ve sonuçlar arasında anlamlı bir fark olmadığını belirtilmiştir. Pişirme işleminin kurşun ve kadmiyum riskini arttırmadığı gösterilmiştir (34). Bu çalışmadan farklı olarak, bizim çalışmamızda kurşun miktarının yüksek olarak tespit edilmesi, ürünün yetiştirildiği toprağın kimyasal bileşimi, bölgenin hava koşulları ve üretim sürecinde kullanılan suyun içeriği gibi çevresel faktörlerden kaynaklanmış olabilir.

Başka bir çalışmada ise fasulyedeki kadmiyum miktarı 0.04 mg/kg; kurşun miktarı 0.25 mg/kg olarak bulunmuştur. Bulunan kurşun değerinin, EFSA ölçümlerinin ortalama

değerleriyle karşılaştırıldığında (0.0162 – 0.0422 mg/kg) daha yüksek olduğu saptanmıştır. Avrupa Birliği'ne ait yönetmelikte kurşun miktarının maksimum 0.2 mg/kg olması gerektiği vurgulanmıştır (5).

Bangladeş'te yapılan bir çalışmada Bangladeş'in güneyinde yer alan Paira Nehri yanındaki 10 tarım alanındaki topraklarda ağır metal konsantrasyonları araştırılmıştır. On bölgenin kadmiyum miktarı 0.61 – 13.0 mg/kg (ortalama 4.5 mg/kg) iken kurşun miktarı 4.5 – 32.0 mg/kg (ortalama 17.0 mg/kg) olarak saptanmıştır. Ayrıca çalışmada kuru baklagillerden yeşil mercimeğin ağır metal tayini de yapılmış; kadmiyum miktarı ortalama 0.03 ± 0.04 mg/kg; kurşun miktarı ise ortalama 0.31 ± 0.31 mg/kg olarak bildirilmiştir (35). Bizim çalışmamızda, mercimek örneklerinde kurşun veya kadmiyum tespit edilmemiştir. Ancak çalışmamızdaki diğer kuru baklagiller göz önüne alındığında kurşun tayini bulguları araştırma ile uyumludur. Türkiye'de yapılan bir çalışmada Kayseri'nin sanayi bölgesindeki toprakta ortalama 2.53 mg/kg kadmiyum ve ortalama 74.8 mg/kg kurşun saptanmıştır (36). Ülkemizdeki topraklardaki kurşun miktarının, Bangladeş'teki topraktaki ağır metal konsantrasyonlarına göre yüksek olduğu görülmüş ve bu farkın sebebinin sanayi kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Literatürde tarımı topraklarında bulunan ağır metal konsantrasyonlarının ürünleri etkileyebileceği belirtilmektedir. Çalışmamızdaki çığ nohut ve çığ kuru fasulyedeki kurşun miktarı, Türk Gıda Kodeksi değerinin üzerindedir. Bu sebeple ürünlerin yetiştirildiği toprak, ağır metal kontaminasyonu açısından değerlendirilmelidir. Çığ kuru baklagillere pişirme ve filizlendirme işlemini uygulamamız ağır metal riskini azaltmış. Ayrıca; çimlendirme besin emilimini engelleyen öğelerin (fitat, lektin, tanen vb.) azaltılmasında açısından da avantajlıdır. Bu öğeler azaldığında mineral emilimi, nişasta ve protein sindirilebilirliği artmaktadır (37, 38). Ancak pişirme işlemiyle birlikte vitaminlerde kayıp olurken çimlendirme ile artış görülmektedir (38). Bu sebeplerle filizlendirme işleminin tercih edilmesinin biyoyararlanım açısından daha faydalı olacağı düşünülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Filizlendirme işlemi, pişirme işlemine kıyasla hem baklagillerin besin değerini artırmakta hem de ağır metal konsantrasyonunu azaltarak sağlığı korumaktadır. Ayrıca filizlendirme; sürdürülebilir özelliği sayesinde besin ve beslenme güvencesini destekleyerek ve günümüz ve gelecek nesillerin sağlığına katkıda bulunarak beslenme programlarında yer alması gerekmektedir. Ancak kuru baklagillerin ağır metal birikimi mekanizmalarının karmaşıklığı ve işleme sürecinin ağır metallerin uzaklaştırılması açısından yetersiz kalabileceği göz önünde bulundurularak kuru baklagillerden optimal şekilde faydalanmak için sürdürülebilir tarım politikaları ve filizlendirme, pişirme gibi işlemleri geliştirmek için ek çalışmalar yürütülmelidir.

Araştırmanın Güçlü Yönleri

Çığ, pişmiş ve filizlenmiş baklagil örneklerinde ağır metal içerikleri saptanmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, besin hazırlama yöntemlerinin güvenliği açısından önemli bilgiler sağlamaktadır. Filizlendirme yönteminin ağır metal miktarını azaltma potansiyeli araştırılmış, sağlıklı beslenme ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Ağır metal analizinde ICP-MS kullanılmıştır. Bu cihaz, ağır metal tayininde güvenilirliği

yüksek olan bir metoda (NMKL No:186) göre çalıştığından, çalışmanın güvenilirliğini arttırmıştır. Filizlenmiş baklagillerin güvenli ve sürdürülebilir bir besin olduğuna dair bulgular, besin üretimi ve tarımda sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesine katkı sağlayabilir.

Araştırmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızda yalnızca kadmiyum ve kurşun miktarlarının analizi yapılmıştır. Diğer ağır metallerin de analizi yapılarak filizlendirmenin etkisi daha geniş kapsamda ele alınabilir. Ayrıca, farklı baklagil türlerinin de çalışmaya dahil edilmesi sonuçların kapsamını genişletebilir. Kullanılan baklagillerin yetiştirildiği bölge; toprak, hava ve su kirliliği sebebiyle ağır metal içeriğini etkileyebileceğinden, çevresel etmenlerin ağır metal içeriği üzerine etkisi ele alınarak daha kapsamlı sonuçlar elde edilebilir. Çalışmamızda kullandığımız filizlendirme ve pişirme yöntemleri, farklı bölgelerde veya toplumlardaki filizlendirme ve pişirme yöntemlerinden farklılık gösterebilir. Bu nedenle, farklı süre, sıcaklık ve materyallerle yapılan işlemler ağır metal içeriklerini etkileyebilir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

1. Kurtgil, S., Beyhan, Y. (2021). Yaşam döngüsü ve sürdürülebilir beslenmenin rolü. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 425-430.
2. Olgun, S. N., Manısalı, E., Çelik, F. (2022). Sürdürülebilir beslenme ve diyet modelleri. *Bandırma Onyedil Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 261-271.
3. Pekcan, A. G. (2019). Sürdürülebilir beslenme ve beslenme örüntüsü: bitkisel kaynaklı beslenme. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47(2), 1-10.
4. Adam, A. A., Sackey, L. N., Ofori, L. A. (2022). Risk assessment of heavy metals concentration in cereals and legumes sold in the Tamale Aboabo market, *Ghana. Heliyon*, 8(8).
5. Stančić, Z., Vujević, D., Gomaz, A., Bogdan, S., Vincek, D. (2016). Detection of heavy metals in common vegetables at Varaždin City Market, *Croatia. Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju*, 67(4), 340-350.
6. İslamoğlu, A. H., Kahvecioğlu, T., Bönce, G., Gedik, E., Güneş, F. (2021). Determination of heavy metals in some fruits, vegetables and fish by ICP-MS. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 5(1), 67-76.
7. Naseri, M., Rahmanikhah, Z., Beiygloo, V., Ranjbar, S. (2014). Effects of two cooking methods on the concentrations of some heavy metals (cadmium, lead, chromium, nickel and cobalt) in some rice brands available in Iranian Market. *J Chem Health Risks*, 4(2).
8. Özbolat, G., Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.
9. Salama, A. K., & Radwan, M. A. (2005). Heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) contents in some foodstuffs from the Egyptian market. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 34-42.

10. Hassan, R. O., Othman, H. O., Ali, D. S., Abdullah, F. O., Darwesh, D. A. (2023). Assessment of the health risk posed by toxic metals in commonly consumed legume brands in Erbil, Iraq. *J Food Compos Anal*, 120, 105282.
11. Becerra-Tomás, N., Papandreou, C., & Salas-Salvadó, J. (2019). Legume consumption and cardiometabolic health. *Adv Nutr*, 10, 437-450.
12. Didinger, C., Thompson, H. J. (2021). Defining nutritional and functional niches of legumes: a call for clarity to distinguish a future role for pulses in the dietary guidelines for Americans. *Nutrients*, 13(4), 1100.
13. Hughes, J., Pearson, E., Grafenauer, S. (2022). Legumes - a comprehensive exploration of global food-based dietary guidelines and consumption. *Nutrients*, 14(15), 3080.
14. Juárez-Chairez, M. F., Meza-Márquez, O. G., Márquez-Flores, Y. K., & Jiménez-Martínez, C. (2022). Potential anti-inflammatory effects of legumes: a review. *Br J Nutr*, 128(11), 2158–2169.
15. Calles, T., Del Castillo, R., Baratelli, M., Xipsiti, M., Navarro, D. K. (2019). The international year of pulses-final report.
16. Yanni, A. E., Iakovidis, S., Vasilikopoulou, E., Karathanos, V. T. (2023). Legumes: a vehicle for transition to sustainability. *Nutrients*, 16(1), 98.
17. Tassoni, A., Tedeschi, T., Zurlini, C., Cigognini, I. M., Petrusan, J. I., Rodríguez, Ó. Et al. (2020). State-of-the-art production chains for peas, beans and chickpeas-valorization of agro-industrial residues and applications of derived extracts. *Molecules*, 25(6), 1383.
18. Aghbolaghi, M. A., Sedghi, M., Parmoon, G., Dedicova, B. (2023). Pumpkin seeds germination and seedling growth under abiotic stress. In *Biological and Abiotic Stress in Cucurbitaceae Crops. IntechOpen*.
19. European Commission. (2013). Commission Implementing Regulation (EU) No 208/2013 of 11 March 2013 on traceability requirements for sprouts and seeds intended for the production of sprouts. *Off J Eur Union*, 68, 16-18.
20. Ohanenye, I. C., Tsopmo, A., Ejike, C. E., Udenigwe, C. C. (2020). Germination as a bioprocess for enhancing the quality and nutritional prospects of legume proteins. *Trends Food Sci Technol*, 101, 213-222.
21. Şenlik, A. S., & Alkan, D. (2021). Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin kimyasal özellikleri ve çimlendirmeyle açığa çıkan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 19(2), 198-207.
22. Okur, B., Madenci, A.B. (2019). Çiğ beslenme (Raw Food) akımında çimlendirilmiş hububat ve baklagillerin önemi. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 7(1), 664-675.
23. Elliott, H., Woods, P., Green, B. D., & Nugent, A. P. (2022). Can sprouting reduce phytate and improve the nutritional composition and nutrient bioaccessibility in cereals and legumes?. *Nutr Bull*, 47(2), 138-156.
24. Avezum, L., Rondet, E., Mestres, C., Achir, N., Madode, Y., Gibert, O., et al.. (2023). Improving the nutritional quality of pulses via germination. *Food Rev Int*, 39(9), 6011-6044.
25. Nkhata, S. G., Ayua, E., Kamau, E. H., Shingiro, J. B. (2018). Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Sci Nutr*, 6(8), 2446-2458.
26. Miyahira, R. F., Lopes, J. D. O., Antunes, A. E. C. (2021). The use of sprouts to improve the nutritional value of food products: A brief review. *Plant Foods Hum Nutr*, 76(2), 143-152.
27. Blessing, I. A., Gregory, I. O. (2010). Effect of processing on the proximate composition of the dehulled and undehulled mungbean flours. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(10), 1006-1016.

28. Maneemegalai, S., Nandakumar, S. (2011). Biochemical studies on the germinated seeds of *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek, *Vigna mungo* (L.) Hepper and *Pennisetum typhoides* (Burm f.) Stapf and CE Hubb.
29. Serventi, L., Xiong, D., Gao, C., Serventi, L., Cai, Y., Bian, Y. (2020). Sprouting water composition. *Upycling Legume Water: from Wastewater to Food Ingredients*, Springer, 121-137.
30. Ghavidel, R. A., Prakash, J. (2007). The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *LWT-Food Sci Technol*, 40(7), 1292-1299.
31. Türk Gıda Kodeksi (2023). 32360 sayılı Bulaşanlar Yönetmeliği, Ek-1: Gıdalardaki Belirli Bulaşanlar İçin Maksimum Limitler.
32. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (2011). *World Health Organization*. <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/351>. (Erişim 01.06.2024)
33. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (2010). Cadmium. In JECFA database. *World Health Organization*. <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/137>. (Erişim tarihi 25.05.2024)
34. Teyin, G. (2021). Pişirme ekipmanı kaynaklı ağır metallerin tespit edilmesi: nohut örneği. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 9(3), 666-675.
35. Islam, M. S., Khanam, M. S., & Sarker, N. I. (2018). Health risk assessment of metals transfer from soil to the edible part of some vegetables grown in Patuakhali province of Bangladesh. *Arc Agri Environ Sci*, 3(2), 187-97.
36. Tokalıoğlu, Ş., & Kartal, Ş. (2006). Multivariate analysis of the data and speciation of heavy metals in street dust samples from the Organized Industrial District in Kayseri (Turkey). *Atmospheric environment*, 40(16), 2797-2805.
37. Sarıoğlu, G., Veliöğlu, Y. S. (2018). Baklagillerin bileşimi. *Akademik Gıda*, 16(4), 483-496.
38. Tekin, N., Varlı, S. N. (2023). Farklı hazırlama ve pişirme işlemlerinin kuru baklagillerin besin değeri üzerine etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 51(3), 100-108.